Medd. Serie: Hydrog.

LIBRARY
FOR A SCIENTIFIC SURVEY
OF THE OCEANS AND THEIR
INVESTIGATION

MEDDELELSER

FRA

KOMMISSIONEN FOR HAVUNDERSØGELSER

SERIE: HYDROGRAFI · BIND I

Nr. 14. J. P. Jacobsen: GEZEITENSTROEME UND RESULTIERENDE STROEME IM GROSSEN BELT IN VERSCHIEDENEN TIEFEN IM MONAT JUNI 1909. (MIT 7 FIGUREN IM TEXT)

KØBENHAVN
I KOMMISSION HOS C. A. REITZEL
BIANCO LUNOS BOGTRYKKERI
1910

MEDDELELSER FRA KOMMISSIONEN FOR HAVUNDERSØGELSER
SERIE: HYDROGRAFI · BIND I · NR. 14 · 1910

GEZEITENSTROEME

UND

RESULTIERENDE STROEME

IM GROSSEN BELT

IN VERSCHIEDENEN TIEFEN IM MONAT JUNI 1909

VON

J. P. JACOBSEN

MIT 7 FIGUREN IM TEXT

KØBENHAVN
I KOMMISSION HOS C. A. REITZEL
BIANCO LUNOS BOGTRYKKERI
1910

INHALT

Seite

1. Strommessungen vom „Thor“ aus in der tiefen Rinne vor Spodsbjerg (Langeland) 3
2. Der Strom in einem Querschnitt über den Grossen Belt zwischen Spodsbjerg (Langeland) und Taars (Lolland) 16
3. Zusammenfassung 19

1. Strommessungen vom „Thor“ aus in der tiefen Rinne vor Spodsbjerg (Langeland).

Im Frühjahr 1909 lag das dänische Meeresuntersuchungsschiff „Thor“ ca. 3 Monate im Grossen Belt 10°52,2′ Oe. L. 54°55,7′ N. B. in der tiefen Rinne über 35 m Tiefe vor Anker. Da die vom Schiffe aus anzustellenden hydrographischen Untersuchungen teilweise Strommessungen waren, war die Verankerung in besonderer Weise bewerkstelligt. Zwei schwere Anker waren in der Richtung N—S angebracht und durch eine fast straffe Kette miteinander verbunden. Mitten an dieser Kette waren zwei andere Ketten befestigt, deren anderes Ende bezw. am Ankerspill und am Polder des Verdecks fest gemacht war. Zu Anfang war die die beiden Anker verbindende Kette ganz bis an die Klüse aufgehievt; da indessen eine Periode unruhigen Wetters eintrat, wurde so viel Kette hinausgelassen, dass die Ankerverbindungskette ganz auf dem Boden zu liegen kam, und es wurde späterhin nicht wieder Kette eingehievt.

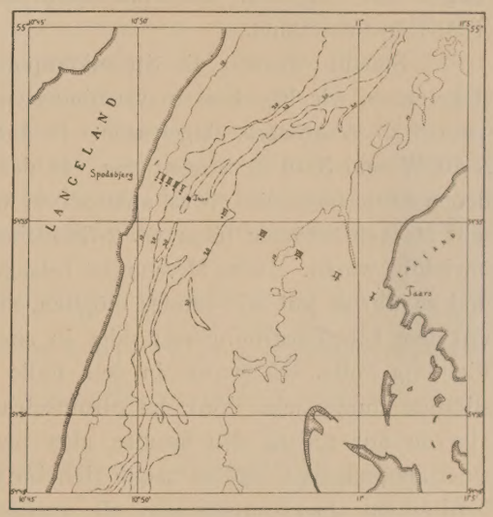

Fig 1. Karte vom Gewässer vor Spodsbjerg im Grossen Belt mit Stationen.
Die Tiefen sind in Metern angegeben.

Die Strommessungen wurden mit zwei Apparaten ausgeführt, Ekmans Strommesser, der ganz vorn, ungefähr bei der Klüse, angebracht war, und dem Libellenstrommesser, der etwas weiter nach hinten, aber noch auf dem vorderen Teil des Schiffes angebracht war.

Im gegenwärtigen Aufsatz beschränke ich mich auf die Behandlung der im Juni ausgeführten Strommessungen, indem es die Absicht ist, aus dem Material die Gezeitenperioden zu finden, die sich ausscheiden lassen, und dazu eignet sich das Material dieses Monats am besten, da er die besten Arbeitsverhältnisse mit ruhigem Wetter darbot und verschiedenen zu Anfang vorliegenden Schwierigkeiten teilweise abgeholfen worden war. Es war zu Anfang schwer gewesen, die Kugeln (Bronze) in Ekmans Apparat immer rechtzeitig zum Fallen zu bringen; und fiel eine Kugel nicht rechtzeitig, so geriet sie in die Klemme, wodurch das Zählwerk still stand. Das Rad mit den Hohlräumen an der dicken Achse wurde deshalb so ausgebohrt, dass das Wasser zum Boden des Hohlraums leichten Zutritt erhielt; ferner wurde in Spiritus gewaschenes bleiernes Schrot angewendet, da anzunehmen war, dass das Nicht-Fallen der Kugeln darauf beruhte, dass sich am Rande der Hohlräume Luftbläschen ansetzten, so dass die Oberflächenspannung des Wassers die Kugeln zu tragen vermochte; das grössere spezifische Gewicht des bleiernen Schrots im Verhältnis zu dem der Bronzekugeln sollte mutmasslich eine günstige Wirkung haben und es erleichtern, den Widerstand gegen den Fall zu überwinden. Jedenfalls wurde das Fallen der Kugeln nach diesen Umänderungen nur selten irgend wie behindert.

Eine andere Schwierigkeit, die es nicht zu überwinden gelang, bestand darin, dass es bei den ab und zu im Grossen Belt vorkommenden starken Strömen schwer war, auch bei einer Belastung von ca. 20 kg zu verhindern, dass Ekmans Strommesser so schräge stand, dass der Magnet nicht frei war, wodurch die Richtungsangabe illusorisch wurde.

Ferner besteht noch ein Grund, die Beobachtungen aus dem Juni für sich zu behandeln, darin, dass aus diesem, und zwar nur aus diesem Monat Libellenstrommesserbeobachtungen vorliegen. Diese Beobachtungen sind mit kurzen Intervallen ausgeführt worden, indem nur 1/2 bis 1 Stunde zwischen jeder Reihe von Messungen auf je 5 m verstrich. Der zur Verfügung stehenden Arbeitskraft wegen war es jedoch nur möglich, diese Messungen bei Tag auszuführen. Abgesehen von den Sonntagen enthält die Beobachtungsreihe noch einzelne andere gelegentliche Unterbrechungen. Die Beobachtungen mit Ekmans Strommesser wurden in der Regel für jeden 5. Meter angestellt. Eine Reihe von Messungen von der Oberfläche bis auf den Boden erforderte ca. 1 1/2 Stunden; sie wurden ausgeführt 3 a. m—5 a. m; 5 1/2 a. m—7 1/2 a. m.; 10 a. m.—12 md.; 1 1/2 p. m.—3 1/2 p. m. und 4 p. m.—6 p. m., im ganzen 6 Mal täglich.

Nachdem das ganze Material durchgenommen worden war und Korrektionen für die Konstanten der Instrumente angebracht worden waren, wurden die Ströme nach zwei aufeinander senkrechten Richtungen hin aufgelöst. Die Hauptrichtung ergab sich durch eine vorläufige Berechnung als S 20 W—N 20 E rechtweisend.

Sodann wurden die Stromkomponenten in der Richtung S 20 W—N 20 E auf Millimeterpapier eingetragen, wie Fig. 3 es in vermindertem Massstabe darstellt. Strom nach N 20 E ist aufwärts, Strom nach S 20 W abwärts eingetragen. In ähnlicher Weise wurden die Querkomponenten, die Ströme von N 70 W und S 70 E, eingetragen. In der Weise wurde es ermöglicht, zu beurteilen, ob hie und da am Beobachtungsmaterial etwas auszusetzen war, was mit den Beobachtungen mit Ekmans Strommesser bei sehr starken Strömen (über ca. 2 Seemeilen pr. Stunde) der Fall war, indem die Richtungsangaben hier unrichtig waren. Diese Messungen betragen jedoch nur einen kleinen Bruchteil des gesamten Materials, und es war so gut wie immer möglich, mit Sicherheit zu entscheiden, entweder durch die Beobachtungen mit dem Libellenstrommesser oder in sonstiger Weise, ob der Strom eine nördliche oder eine südliche Richtung hatte. Es wurde in dem Falle angenommen, dass der ganze durch Ekmans Strommesser bestimmte numerische Wert der Stromstärke in die Richtung S 20 W—N 20 E falle, da die Abweichung hiervon nur gering sein konnte, aber natürlicherweise ergaben diese Messungen keine Bestimmung der Querkomponenten, und es zeigte sich im Ganzen, dass die durch die Messungen mit Ekmans Strommesser bestimmten Querkomponenten oft unregelmässige Schwankungen aufzuweisen hatten, und die Bestimmung dieser Komponenten beruht somit ausschliesslich auf Messungen mit dem Libellenstrommesser, da die dicht beieinander liegenden Beobachtungen gestatteten, dass man ihre Schwankung mit grösserer Sicherheit bestimmen konnte, auch wenn einige Unregelmässigkeiten vorkamen. Das wesentlichste Interesse knüpft sich indessen an die Komponenten der Hauptrichtung S 20 W—N 20 E. Nachdem diese für alle Beobachtungen auf dem Millimeterpapier eingetragen worden war, wurde eine Kurve gezogen, welche die Schwankung des Stroms der Zeit nach darstellt. Um durch die graphische Ausgleichung nichts in das Beobachtungsmaterial hineinzubringen, wurde die Kurve fast immer durch diejenigen Punkte gezeichnet, die nach den Beobachtungen mit Ekmans Strommesser eingetragen waren; nur wo ungefähr gleichzeitig mehrere Beobachtungen mit dem Libellenstrommesser angestellt worden waren, die Abweichungen von einer Beobachtung mit Ekmans Srommesser aufwiesen, wurde diese ausser Betracht gelassen.

An den Zwischenräumen, wo keine Beobachtungen mit Ekmans Strommesser angestellt waren, wo aber solche mit dem Libellenstrommesser vorlagen, wurde die Kurve auf Grundlage dieser gezeichnet, indem doch in diesem Falle eine graphische Ausgleichung nach einer sinusoidenähnlichen Kurve verwendet wurde, da die Beobachtungen so dicht beieinander lagen (Fig. 3).

Nachdem die Kurven der Tiefen 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30 und 35 m für die Tage vom 1. bis 27. Juni,

einschliesslich beider Tage, gezeichnet worden waren, wurde die Ausscheidung der verschiedenen Perioden unternommen, wobei die von Dr. CRONE[1]) gefundenen Wasserstandsperioden der dänischen Gewässer eine gute Anleitung zur Würdigung der verschiedenen Perioden abgaben. Die Amplituden des Wasserstandes und die Stärke der Ströme sind jedoch nicht proportional.

Die mittlere Geschwindigkeit der ausgeschiedenen Perioden, d. h. die Vergrösserung des Arguments pr. Sonnenstunde, ist in Tab. 1 nach BÖRGEN[2]) aufgeführt.

Tabelle 1.

Bezeichnung der Periode	Geschwindigkeit der Periode	Länge der Periode in Sonnenstunden
S_2	30·000	12·000
M_2	28·984	12·421
$2\,MS$	27·968	12·872
N	28·440	12·658
L	29·528	12·192
O	13·943	25·819

Die bekanntesten, Sonne und Mond zuzuschreibenden Perioden sind S_2 und M_2; ihre Länge beträgt fast einen halben Sonnentag. Statt den mittleren Wert der Länge der Periode M_2 bei der Berechnung ihrer Amplitude und Phase zu benutzen, wurde hier indessen die zwischen zwei tatsächlichen Mondkulminationen verlaufende Zeit benutzt. Auf dem erwähnten Millimeterpapier, auf dem die Komponenten eingetragen und Kurven ihrer Schwankungen der Zeit nach gezeichnet waren, wurden die Zeitpunkte der tatsächlichen Mondkulminationen eingetragen, und die Entfernung zwischen den derart eingetragenen Punkten wurde darauf in 12 gleich grosse Teile geteilt, so dass die Stromkomponenten der verschiedenen Zeitpunkte der Periode abgelesen werden konnten. In der Praxis konnte zur Teilung dieser Intervalle immer derselbe Massstab angewendet werden, der auf durchsichtigem Papier angebracht war und somit eine bequeme Ablesung ermöglichte.

In ähnlicher Weise wurde die Periode $2\,MS$ behandelt. Setzen wir die Periode des Mondes = 12 Mondstunden = $12\,\frac{30}{n}$ Sonnenstunden, so wird die Länge der Periode $2\,MS$ als $12 \times \frac{30}{2n-30}$ Sonnenstunden definiert. Bei der Wahl des Anfangspunktes der Periode $2\,MS$ ist massgebend, dass sie, wenn der Mond um 12 Uhr kulminiert, zur gleichen Zeit anfangen soll.

Bezeichnen wir einen gewissen Zeitraum durch t_s Sonnenstunden = t_m Mondstunden = t_{2ms} $2\,MS$-Stunden, die Periode 12 Stunden enthaltend, so ist

$$t_s = t_m \cdot \frac{30}{n} = t_{2ms} \cdot \frac{30}{2n-30}, \text{ woraus folgt}$$

$$t_{2ms} = 2\,t_m - t_s. \qquad (1).$$

Betrachten wir einen Zeitpunkt im Monat, wo der halbe Mondtag $\frac{1}{2}\left(24 + \frac{d}{60}\right)$ Sonnenstunden ist, wird diese Grösse gleich $12 \cdot \frac{30}{n}$ Sonnenstunden gesetzt, woraus die $2\,MS$-Periode $12 \cdot \frac{30}{2n-30}$ Sonnenstunden zu $12 \cdot \frac{1 + \frac{d}{60 \times 24}}{1 - \frac{d}{60 \times 24}}$ Sonnenstunden berechnet wird.

Nehmen wir an, dass die Kulmination des Mondes an dem betreffenden Tag t Sonnenstunden nach der Kulmination der Sonne fällt, so bestimmen wir den Anfangspunkt der Periode $2MS$ mittels Gleichung (1), indem wir den Zeitpunkt suchen, wo $t_{2ms} = 0$ wird, t_m vom Zeitpunkt der Mondkulmination aus rechnend. Nennen wir den Zeitpunkt nach Sonnenzeit, wo t_{2ms} gleich 0 wird T, haben wir:

[1]) C. CRONE, Flux et reflux des mers . . . Institut mét. de Danemark. Copenhague 1906.
[2]) BÖRGEN, Die harmonische Analyse der Gezeitenbeobachtungen. Ann. d. Hydrographie 1884.

$$\frac{2\,(T-t)\cdot 24}{24+\frac{d}{60}} \div T = 0, \text{ woraus folgt}$$

$$T = \frac{2\,t}{1 \div \frac{d}{60 \times 24}}$$

oder annäherungsweise $T = 1.035 \times 2 \cdot t$.

Die nach diesem Verfahren bestimmten Perioden sind nicht ganz dieselben, die man gewöhnlich durch S_2, M_2 und $2MS$ bezeichnet, indem sich der Einfluss längerer Perioden geltend macht. Ausserdem ist es unmöglich, für die kurze Beobachtungsperiode von 1 Monat, die Perioden S_2 und K_2 voneinander zu sondern, da die mittlere Geschwindigkeit der letzteren 30°082 beträgt, also von der mittleren Geschwindigkeit von S_2 nur wenig verschieden ist. Nach der Amplitude des Wasserstandes bei Korsør und Slipshavn (Crone a. a. O.) zu urteilen, wird die Amplitude der Stromstärke von K_2 eine nicht ganz verschwindend kleine sein. Das Verhältnis zwischen den Amplituden des Wasserstandes bei Korsør der Perioden K_2 und S_2 ist gleich $^1/_4$. Wir behalten jedoch die gewöhnlichen Bezeichnungen für diese Perioden, setzen sie aber zwischen Gänsefüsschen.

Die übrigen ausgeschiedenen Perioden sind L, N und O. Für sie wurde einfach ihre mittlere Geschwindigkeit benutzt, indem als Ausgangspunkt für sie alle der 3. Juni 12 p. m. gewählt und aus der Anzahl Sonnenstunden, die die betreffenden Periodetage dauern, berechnet wurde, wo die Nullpunkte der Perioden fallen mussten; sie wurden dann auf dem Millimeterpapier eingetragen und im übrigen wie die ersteren Perioden behandelt.

Da der Mond am 3. Juni 12 p. m. nur 3 Minuten später kulminiert als die Sonne, kann man sagen, dass alle die behandelten Perioden von diesem Zeitpunkt als Nullpunkt aus gerechnet sind. Dass die Sonne nicht Punkt 12 Uhr kulminiert, ist übrigens nicht in Betracht gezogen.

Da das Material sich nur vom 1. Juni bis 27. Juni, einschliesslich beider Tage, erstreckt, sieht man, dass der Mond in der Zeit den Umlauf nicht ganz vollführt hat; ausserdem finden sich mehrere Lücken, die von den 27 Tagen insgesamt 5 Tage ausmachen. Ein Teil dieser Lücken rührt davon her, dass an den Sonntagen nicht gearbeitet wurde; sie haben insofern weniger zu sagen, als sie regelmässig fallen; schlimmer ist es mit den Lücken, die von schlechtem Wetter u. dgl. herrühren, und mit dem fehlenden Rest; da es schwer war, zu entscheiden, wie viel Einfluss diese Lücken auf die ausgeschiedenen Perioden haben konnten, ist eine rechnerische Korrektion angebracht worden.

Bei der Berechnung wurde in folgender Weise verfahren. Auf dem Millimeterpapier wurden die Anfangszeitpunkte der verschiedenen Perioden eingetragen, und ein Stück durchsichtiges Papier mit Einteilungen für $\frac{1}{6}$ $\left(\text{oder } \frac{1}{12}\right)$ der Periodenlänge wurde nach und nach so gelegt, dass die Stromstärke der Zeitpunkte 0, 2, 4, 6 u. s. w. Periodenstunden nach Anfang der Periode für den ganzen Monat abgelesen werden konnte; diese Werte wurden in Kolonnen aufgeführt, und es wurden mittlere Zahlen aller Werte der Zeitpunkte 0, 2, 4, 6 u. s. w. Periodenstunden nach Periodenanfang gebildet. Durch Aussonderung einzelner Beobachtungen erhielten alle Kolonnen gleich viel Beobachtungen. So wurde mit allen genannten Perioden verfahren. Fig. 3 enthält nach vermindertem Massstab (ca. $^1/_2$) die Kurven m. m. des für die Tage 4.—5. und 26.—27. Juni angewendeten Millimeterpapiers; unten sind die Anfangspunkte der verschiedenen Perioden eingetragen, die, wie man sieht, alle am 4. Juni 0 a. m. zusammenfallen.

Da 60 halbe Sonnentage und mit analoger Bezeichnung 58 halbe Mondtage, 56 halbe $2MS$-Tage, 57 halbe N-Tage, 59 halbe L-Tage und 28 O-Tage ungefähr den gleichen Zeitraum ausmachen, wird man in der angegebenen Weise eine der genannten Perioden aus der Beobachtungsreihe eines solchen Zeitraums ausscheiden können, indem der Einfluss der übrigen Perioden eliminiert wird. Dies gilt jedoch nicht ganz von der O-Periode, indem man, wenn man sie ausscheidet, eine Halbtagsperiode erhält, von der selben Grös-

senordnung wie $2MS$; die muss man dann abziehen, wovon später mehr. Diese Betrachtung gilt jedoch nicht, wenn die Beobachtungsreihe Lücken enthält, und um diese Schwierigkeit zu überwinden, wurden die in der angeführten Weise gefundenen mittleren Zahlen als Annäherungswerte betrachtet; durch diese wurden die Ströme berechnet, welche die Lücken enthalten haben würden, indem die von den verschiedenen Perioden herrührenden Komponenten addiert wurden; die derart berechnete Stromkurve der Lücken wurde sodann in derselben Weise abgelesen, wie die Kurve der tatsächlich beobachteten Ströme, und mit den früheren Ablesungen zusammengerechnet, so dass die mittleren Zahlen jeder Periode berechnet wurden, als wäre das Material ganz ohne Lücken gewesen. Die erwähnte Korrektion ist übrigens im allgemeinen nicht über 2 $^{cm}/_{sec}$; in einzelnen Fällen war sie 4—5 $^{cm}/_{sec}$.

Unter der Voraussetzung, dass man wirklich die oben angegebene Anzahl Perioden abliest, werden aber die übrigen Perioden dennoch einen kleineren Einfluss auf die ausgeschiedene Periode ausüben, indem die genannte Periodenanzahl nicht genau denselben Zeitraum ausmacht.

Um zu finden, wie viel dies ist, und um dafür eventuell zu korrigieren, wollen wir annehmen, dass eine Periode, deren Argumentzunahme pr. Sonnenstunde $x°$ beträgt, aus einer Beobachtungsreihe ausgeschieden werden soll, und dass die Beobachtungsreihe ausser dieser Periode eine andere enthält, deren Argumentzunahme pr. Sonnenstunde $y°$ ist, und dass sich im übrigen keine Perioden mehr in der Beobachtungsreihe finden. Die Amplituden bezeichnen wir durch R_x und R_y, die Phase durch φ_x und φ_y und verstehen darunter den Bruchteil der Schwingungszeit der Periode, der von dem gewählten Anfangspunkt an bis zum Eintreten des Maximums des Stroms verstrichen ist; endlich werden die Ströme der beiden Perioden bezw. durch s_x und s_y bezeichnet. Der jeweilige beobachtete Strom S ist dann gleich der Summe von s_x und s_y.

Wir setzen also

$$s_x = R_x \cos (xt - \varphi_x \cdot 360)$$
$$s_y = R_y \cos (yt - \varphi_y \cdot 360).$$

Summiert man alle $t = n_x \frac{360}{x} + \tau \frac{360}{x}$ Sonnenstunden entsprechenden Ordinaten, wo n_x allmählich die Werte 0, 1, 2 . . . . $(n_x - 1)$ hat und τ ein echter Bruch ist, und dividiert man diese Summe durch n_x, so wird die mittlere Zahl s'_x ausgedrückt durch

$$s'_x = R_x \cdot \cos 360 (\tau - \varphi_x) + \frac{1}{n_x} \cdot R_y \cdot \frac{\sin n_x \cdot \frac{y}{x} \cdot 180}{\sin \frac{y}{x} \cdot 180} \cos \left[(n_x - 1) \cdot \frac{y}{x} \cdot 180 + \left(\tau \cdot \frac{y}{x} - \varphi_y \right) \cdot 360 \right].$$

Sucht man die Grösse C, durch die s'_x korrigiert werden soll, um s_x zu ergeben, und erinnert man sich, dass entweder n_x oder $n_x - 1$ uneffen ist, so hat man:

$$C = \div \frac{1}{n_x} \cdot R_y \cdot \frac{\sin n_x 180 \left(\frac{y}{x} - 1 \right)}{\sin 180 \left(\frac{y}{x} - 1 \right)} \cos \left[(n_x - 1) \cdot \left(\frac{y}{x} - 1 \right) \cdot 180 + \left(\tau \cdot \frac{y}{x} - \varphi_y \right) \cdot 360 \right].$$

Da das Verhältnis $\frac{y}{x}$ bei den 6 behandelten Perioden annäherungsweise gleich $^1/_2$, 1 oder 2 ist, wollen wir die Korrektionen, die von den verschiedenen Perioden herrühren, summieren, als wenn diese Verhältnisse stattfänden, so dass die gesamte Korrektion

1) für eine halbtägige Periode als

$$C = R_1 \cdot \cos 360 (\tau - \zeta_1) + R_2 \cos 360 (\tau/_2 - \zeta_2)$$

2) für die ganztägige Periode als

$$C = R_3 \cos 360 (2\tau - \zeta_3)$$

geschrieben werden kann. Wie zu erwarten war, zeigt die Ausrechnung, dass das Glied R_2, d. h. die

Amplitude der vom Einfluss der ganztägigen Periode auf eine halbtägige Periode herrührenden Sinusfunktion, verschwindend klein ist. Im Gliede $R_1 \cos 360\,(\tau - \zeta_1)$ schwankt τ von 0 bis 1 im Laufe von ca. einem halben Sonnentag, während im Gliede $R_3 \cos 360\,(2\tau - \zeta_3)$ τ im Laufe von ca. einem ganzen Sonnentag von 0 bis 1 schwankt. Die Korrektionen sind deshalb sämtlich hälbtägige Perioden. Ihre Amplituden und Phasen sind in Tabelle 2 für die Oberfläche aufgeführt.

Tabelle 2.

Bezeichnung der Periode	S_2		M_2		$2MS$		N		L		O	
	R	$360\,\zeta$	R	$360\,\zeta$	R	$360\,\zeta$	R	$360\,\zeta$	R	$360\,\zeta$	R	$360\,\zeta$
Amplitude R in cm/sec. Phase $360 \cdot \zeta$ in Graden.	0·4	261	1·0	328	1·1	111	2·3	86	0·3	226	5·4	243

Tabelle 3. Hauptkomponenten des Stromes im Grossen Belt vor Spodsbjerg. Monat Juni 1909.

Strom nach N 20 E fliessend ist positiv gerechnet.

Bezeichnung der Periode und ihre Länge in Sonnenstunden	Tiefe in Metern	Mittlere Zahlen (s) der Ablesungen der Kurven zu den unten angegebenen Zeitpunkten (t) der Periode. Die Periode ist gleich 12 Perioden-„stunden"						Ausgleichung nach der Formel: $s = m + R\cos 30°(t-\zeta)$			Differenzen zwischen den mittleren Zahlen (s) und den entsprechenden aus der Formel berechneten Zahlen					
		0	2	4	6	8	10	m	R	ζ	0	2	4	6	8	10
		cm/sec	cm/sec	cm/sec	cm/sec	cm/sec	cm/sec	cm/sec	cm/sec	Perioden-„stunden"	cm/sec	cm/sec	cm/sec	cm/sec	cm/sec	cm/sec
	0	35,2	29,8	30,8	40,2	45,0	41,4	37,1	7,8	8,4	0,5	0,3	— 1,1	0,7	0,3	— 0,9
	5	26,0	24,8	28,2	32,4	35,6	32,2	29,9	5,4	7,8	— 0,7	0,3	0,4	— 0,7	0,3	0,2
	10	10,0	5,0	8,6	16,4	19,4	14,8	12,4	6,9	8,0	1,1	— 0,5	— 0,3	0,5	0,1	— 1,1
„S_2"	15	— 3,2	— 4,8	— 3,8	— 1,2	1,4	1,8	— 1,6	3,5	8,6	— 0,8	0,2	0,4	— 0,4	— 0,4	0,8
12·000	20	— 16,8	— 17,6	— 15,6	— 12,0	— 12,8	— 15,6	— 15,1	2,8	7,0	0,7	— 0,1	— 0,5	0,7	— 0,1	— 0,5
	25	— 14,2	— 14,8	— 12,8	— 12,0	— 13,0	— 13,8	— 13,4	1,2	6,4	0,4	— 0,6	0,2	0,2	— 0,4	0,0
	30	— 12,0	— 11,8	— 12,4	— 13,2	— 14,4	— 13,8	— 12,9	1,3	2,1	0,3	— 0,2	— 0,2	0,3	— 0,2	— 0,2
	35	— 8,4	— 8,6	— 9,0	— 9,0	— 8,8	— 8,4	— 8,7	0,3	0,0	0,0	— 0,1	— 0,1	0,0	0,1	0,1
	0	46,2	23,2	16,2	28,6	45,8	53,0	35,5	19,0	9,9	2,4	— 1,7	— 0,3	1,4	— 0,3	— 1,5
	5	30,0	12,2	12,2	24,0	41,2	46,0	27,6	18,4	9,3	— 0,5	— 1,1	1,8	— 0,7	— 0,7	1,2
	10	13,6	— 1,6	— 2,2	10,8	23,8	26,4	11,8	15,7	9,2	0,4	— 0,5	0,2	0,4	— 0,9	0,4
„M_2"	15	— 2,8	— 14,0	— 14,0	— 1,8	10,2	8,8	— 2,3	13,6	8,9	0,0	0,3	— 0,1	0,0	0,5	— 0,5
12·421	20	— 20,8	— 28,6	— 22,2	— 11,6	— 2,0	— 6,4	— 15,3	13,2	8,3	— 0,8	— 0,3	1,4	— 1,0	0,3	0,6
	25	— 21,8	— 24,6	— 16,8	— 6,4	— 3,2	— 10,8	— 13,9	11,0	7,5	— 0,2	0,0	0,1	— 0,2	0,0	0,1
	30	— 20,4	— 20,4	— 13,4	— 5,6	— 4,4	— 12,4	— 12,8	8,9	7,1	— 0,1	0,3	— 0,1	— 0,3	0,5	— 0,1
	35	— 15,2	— 15,4	— 9,2	— 3,0	— 2,8	— 8,8	— 9,1	7,2	7,1	0,0	0,1	0,2	0,0	— 0,1	0,0
	0	35,2	40,4	41,2	35,8	29,2	28,4	35,0	7,0	3.1	0,7	— 0,4	— 0,1	0,3	0,0	— 0,3
	5	23,8	28,0	28,8	28,2	24,0	21,0	25,6	4,0	4,1	0,3	0,5	— 0,8	0,5	0,3	— 0,6
	10	15,6	18,0	15,4	11,0	7,8	9,0	12,8	5,3	2,2	0,6	— 0,1	— 0,5	0,4	0,3	— 0,7
„$2MS$"	15	1,0	2,2	— 0,8	— 4,6	— 7,2	— 4,8	— 2,4	4,8	1,8	0,6	— 0,2	— 0,4	0,6	0,0	— 0,4
12·872	20	— 13,2	— 10,4	— 12,2	— 18,2	— 21,2	— 18,8	— 15,7	5,6	2,2	0,1	— 0,3	0,3	— 0,1	0,1	0,1
	25	— 11,8	— 10,2	— 12,8	— 16,4	— 17,2	— 15,0	— 13,9	3,5	1,6	— 0,2	0,2	— 0,1	— 0,2	0,2	0,1
	30	— 10,2	— 14,0	— 16,4	— 16,0	— 13,4	— 10,2	— 13,4	3,5	10,9	0,3	— 0,4	0,2	0,3	— 0,2	0,0
	35	— 8,6	— 10,0	— 11,2	— 10,6	— 8,4	— 7,2	— 9,3	1,9	10,1	— 0,3	0,2	0,0	— 0,3	0,0	0,2
	0	29,2	40,4	43,6	38,4	27,6	18,0	32,9	12,2	3,8	1,5	0,5	— 1,5	0,3	1,7	— 2,7
	5	21,0	30,2	34,8	29,0	18,4	15,4	24,8	9,8	3,8	0,2	— 0,4	0,2	0,2	— 0,6	0,4
	10	9,0	11,2	11,6	10,0	6,0	4,4	8,7	3,6	3,4	1,0	— 0,2	— 0,5	0,6	0,0	— 0,9
N	15	— 6,2	— 3,6	— 0,8	— 1,4	— 6,4	— 8,4	— 4,5	3,8	4,3	0,7	— 0,5	— 0,1	0,7	— 0,5	— 0,1
12·658	20	— 16,6	— 14,0	— 13,8	— 16,4	— 18,2	— 18,4	— 16,2	2,6	3,1	— 0,3	0,0	0,1	— 0,3	0,2	0,1
	25	— 12,6	— 11,8	— 11,8	— 13,4	— 16,0	— 15,8	— 13,6	2,4	2,8	0,7	— 0,4	— 0,1	0,5	— 0,2	— 0,3
	30	— 13,2	— 11,8	— 11,4	— 12,8	— 14,8	— 14,6	— 13,1	1,8	3,2	0,1	— 0,2	0,1	0,1	— 0,2	0,1
	35	— 9,4	— 9,2	— 9,2	— 9,0	— 10,2	— 10,0	— 9,5	0,5	3,4	0,2	— 0,1	— 0,2	0,4	— 0,3	0,0
	0	31,8	28,8	32,0	36,6	37,6	35,4	33,7	4,3	7,8	0,6	— 0,6	0,1	0,4	— 0,4	— 0,1
	5	27,0	26,2	27,8	29,0	29,8	29,4	28,2	1,8	7,9	— 0,2	— 0,2	0,4	— 0,2	— 0,2	0,4
	10	8,8	7,4	8,6	11,2	13,2	12,8	10,3	3,1	8,3	— 0,4	0,2	0,3	— 0,2	— 0,2	0,5
L	15	— 0,2	— 1,4	— 0,8	1,6	0,8	— 1,2	— 0,2	1,2	6,9	1,1	— 0,2	— 0,7	0,7	0,0	— 0,9
12·192	20	— 15,4	— 17,0	— 17,6	— 15,0	— 13,4	— 14,2	— 15,4	2,0	8,8	0,2	0,2	— 0,6	0,2	0,2	— 0,4
	25	— 13,8	— 16,2	— 16,6	— 13,8	— 11,8	— 12,2	— 14,1	2,5	9,0	0,3	0,1	— 0,3	0,3	0,1	— 0,3
	30	— 12,8	— 14,6	— 15,0	— 12,6	— 10,4	— 11,2	— 12,8	2,3	8,9	0,1	0,3	— 0,3	0,1	0,3	— 0,3
	35	— 10,2	— 11,6	— 10,8	— 8,4	— 7,0	— 7,8	— 9,3	2,4	8,3	0,0	0,1	0,0	0,0	— 0,1	0,0

Man sieht, dass die Amplituden, mit Ausnahme der halbtägigen Periode (Amplitude 5,4 $^{cm}/_{sec}$), durch welche die berechnete Periode *O* korrigiert werden soll, nur klein sind. Für die Periode *O* gehört sie zur selben Grössenordnung wie die Amplitude der Periode 2*MS* (7.0 $^{cm}/_{sec}$) und rührt im wesentlichen von dieser her. Bei der Berechnung von *O* wurde daher die gleichzeitig ausgeschiedene halbtägige Periode von den gebildeten mittleren Zahlen subtrahiert, und diese Differenzen sind in Tabelle 4 aufgeführt zum Vergleich mit den durch Ausgleichung berechneten Werten. Die übrigen Korrektionen sind ausser Betracht gelassen.

Tabelle 4. Hauptkomponenten des Stromes im Grossen Belt vor Spodsbjerg. Monat Juni 1909.
Periode O. Länge 25·819 Sonnenstunden.
Strom nach N 20 E fliessend ist possitiv gerechnet.

Tiefe in Metern	Mittlere Zahlen (*s*) der Ablesungen der Kurven zu den angegebenen Zeitpunkten (*t*) der Periode. Die mittleren Zahlen sind durch eine halbtägige Periode (Einfluss der Periode 2*MS*) korrigiert. Die Periode ist gleich 24 Perioden„stunden".											
	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22
	cm/sec	cm/sec	cm/sec	cm/sec	cm/sec	cm/sec	cm/sec	cm/sec	cm/sec	cm/sec	cm/sec	cm/sec
0	44,2	46,6	45,0	43,8	38,8	29,4	21,6	18,8	17,8	21,2	27,0	32,8
5	33,9	38,4	37,1	36,3	30,4	24,3	20.9	17,8	15,7	18,7	25,2	28,7
10	15,6	17,3	16,5	14,6	10,5	5,7	3,0	0,9	0,7	3,8	7,7	11,5
15	7,1	7,8	6,5	4,3	— 0,2	— 4,9	— 7,1	— 9,4	— 8,1	— 3.9	— 1,8	3,5
20	— 10,2	— 8,6	— 10,0	— 14,2	— 16,8	— 18,0	— 20,4	— 22,6	— 20,0	— 17,2	— 13,2	— 12,8
25	— 10,1	— 10,5	— 12,2	— 14,1	— 15,3	— 16,4	— 18,7	— 16,5	— 15,4	— 14,5	— 12,1	— 10,8
30	— 9,3	— 10,4	— 12,6	— 13,1	— 15,2	— 15,6	— 16,5	— 16,6	— 14,2	— 12,7	— 11,8	— 11,0
35	— 5,6	— 7,1	— 8,3	— 10,8	— 12,7	— 12,7	— 12,0	— 12,1	— 9,7	— 7,6	— 5,5	— 5,9

Tiefe in Metern	Ausgleichung nach der Formel $s = m + R\cos 15°(t-\zeta)$			Differenzen zwischen den mittleren Zahlen *s* und den entsprechenden aus der Formel berechneten Zahlen											
	m	*R*	*ζ*	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22
	cm/sec	cm/sec	Perioden-„stunden"	cm/sec	cm/sec	cm/sec	cm/sec	cm/sec	cm/sec	cm/sec	cm/sec	cm/sec	cm/sec	cm/sec	cm/sec
0	32,3	14,9	3,3	2,3	0,3	— 2,0	0,1	1,4	— 0,3	— 1,1	0,5	0,2	0,3	— 0,2	— 2,1
5	27,3	10,8	3,3	— 0,5	0,9	— 0,8	0,8	— 0,5	— 1,0	0,7	0,7	— 1,0	— 0,4	1,5	— 0,6
10	9,0	8,4	2,7	0,2	0,0	— 0,4	0,2	0,0	— 0,4	0,4	0,2	— 0,4	0,2	0,2	— 0,4
15	— 0,5	8,4	2,1	0,5	— 0,1	— 0,4	0,3	0,0	— 0,5	0,5	— 0,5	— 0,2	1,1	— 1,0	0,1
20	— 15,3	6,0	1,4	— 0,5	0,8	0,6	— 1,1	— 0,6	1,1	0,5	— 1,4	0,0	0,3	1,2	— 1,3
25	— 13,9	3,6	0,1	0,2	0,2	— 0,2	— 0,3	0,3	0,6	— 1,2	0,6	0,4	— 0,5	0,1	0,0
30	— 13,2	3,2	23,7	0,7	0,1	— 0,8	0,3	— 0,2	0,5	— 0,1	— 0,7	0,4	0,3	— 0,4	— 0,7
35	— 9,2	3,8	22,4	0,1	— 0,1	0,5	— 0,1	— 0,4	0,3	0,7	— 0,7	— 0,1	0,1	0,6	— 0,5

Die Tabellen 3 und 4 enthalten sämtliche mittlere Werte der Hauptkomponenten (S 20 W—N 20 E) der verschiedenen Perioden in den verschiedenen Tiefen zu den Periodenzeitpunkten 0, 2, 4 u. s w. Stunden nach Periodenanfang, indem Strom nach der Richtung N 20 E positiv gerechnet ist; diese mittleren Zahlen sind zu einer Ausgleichung nach den Formeln

$$s = m + R \cos 30° (t - \zeta) \text{ und } s = m + R \cos 15° (t - \zeta)$$

benutzt, indem die Formeln bezw. für die halbtägigen und die ganztägigen Perioden gelten; *s* bedeutet die Stromstärke, *m* deren mittlerer Wert, *R* die in $^{cm}/_{sec}$ ausgedrückte Amplitude, *t* die Periodenzeit und *ζ* die Phase in Periodenstunden. Die Konstanten sind in den Tabellen aufgeführt. Ausserdem sind aufgeführt die Differenzen zwischen den nach den Formeln berechneten Stromstärken und den gefundenen mittleren Zahlen. Dass die mittleren Zahlen *m* der verschiedenen Perioden nicht ganz gleich sind, beruht darauf, dass bei der Bildung der mittleren Zahlen, um ganze Perioden zu erhalten, einzelne Beobachtungen ausgesondert wurden.

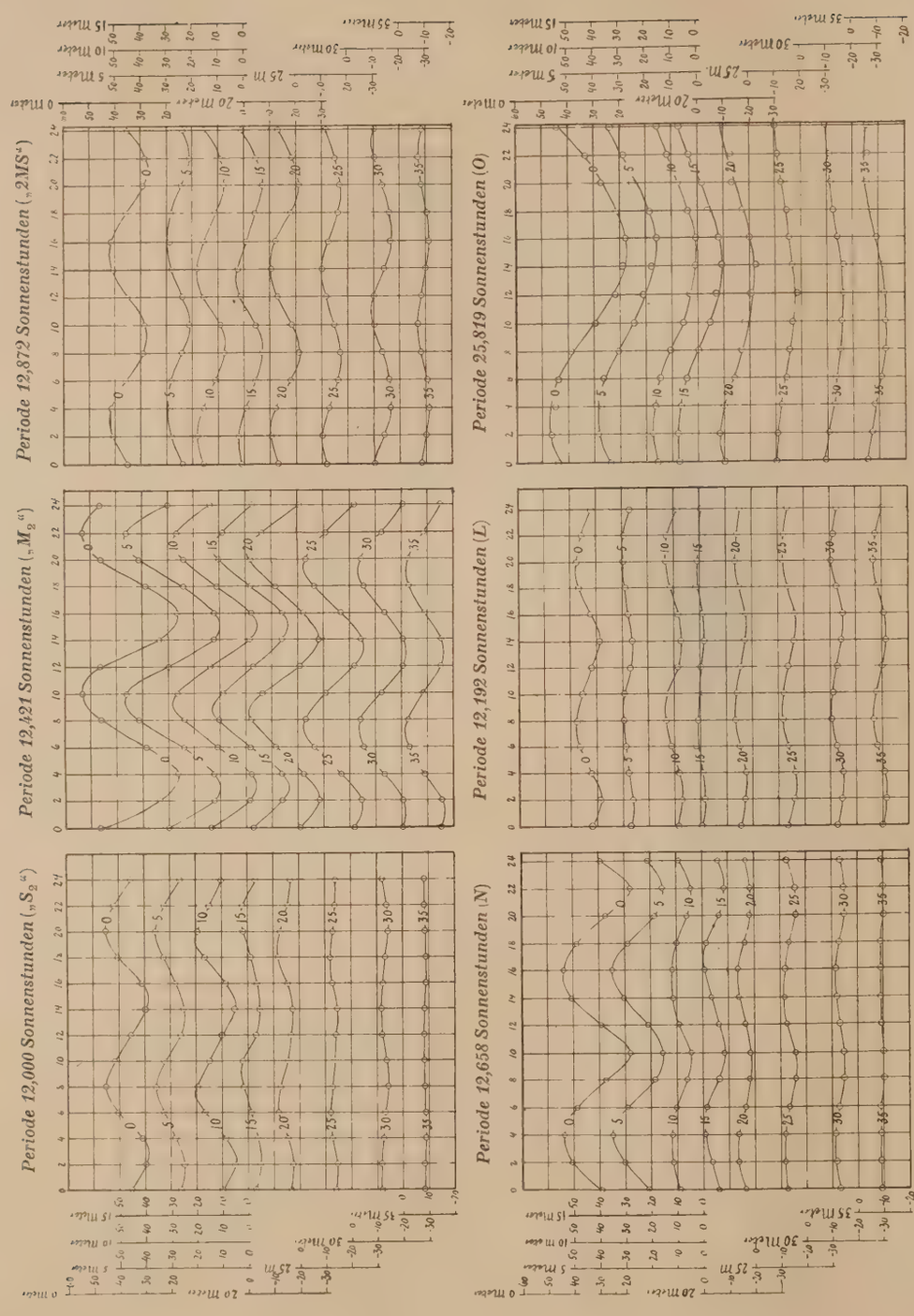

Fig. 2. Hauptkomponenten der Gezeitenströme in der Richtung S 20 W—N 20 E im Grossen Belt vor Spodsbjerg 10°52,2' Ö. L. 54°55,7' N. B. in den Tiefen von 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30 und 35 m für die angeführten Zeitperioden. Die horizontalen Teilungen bedeuten „Stunden“ der betreffenden Periode. Die Kurven sind mit den Tiefen, für welche sie gelten, markiert. Ströme nach N 20 E fliessend sind als Ordinaten aufwärts eingetragen, nach den für die verschiedenen Tiefen geltenden Massstäben in $^{cm}/_{sec}$ ausgedrückt. Bei der Ausscheidung der Perioden ist als Ausgangspunkt der 3. Juni 1909 12 p. m. benutzt worden. Der Mond kulminierte 3 Minuten nach diesem Zeitpunkt. Das Beobachtungsmaterial erstreckt sich über den Monat Juni 1909.

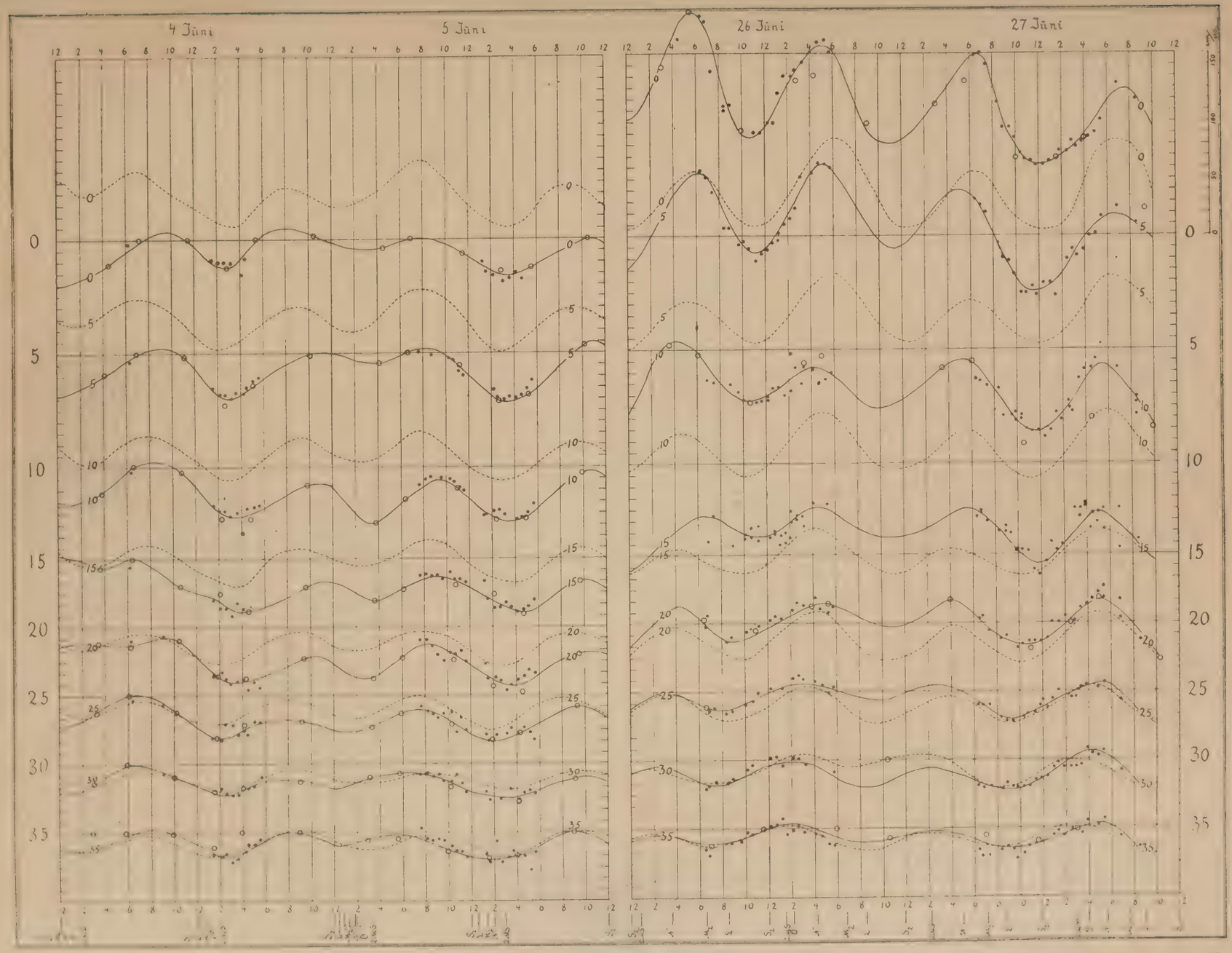

Fig. 3. Beobachtete Stromkomponenten im Grossen Belt vor Spodsbjerg in der Richtung S 20 W—N 20 E am 4. und 5. sowie am 26. und 27. Juni für die Tiefen von 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30 und 35 m. ○ Beobachtungen mit Ekman's Strommesser. ● Beobachtungen mit dem Libellenstrommesser. Ströme nach N 20 E fliessend sind aufwärts eingetragen, von den horizontalen Linien an gerechnet, die mit der betreffenden Tiefe 0, 5, 10, 15 u. s. w. markiert sind. Die ausgezogene Kurve ist eine graphische Ausgleichung der beobachteten Ströme. Die punktierte Kurve ist eine für die Gezeitenbewegung und eine mittlere Ausströmung berechnete Strömungskurve. Die Kurven sind mit der Tiefe markiert, für die sie gelten. Unten sind die Anfangspunkte der verschiedenen Perioden eingetragen.

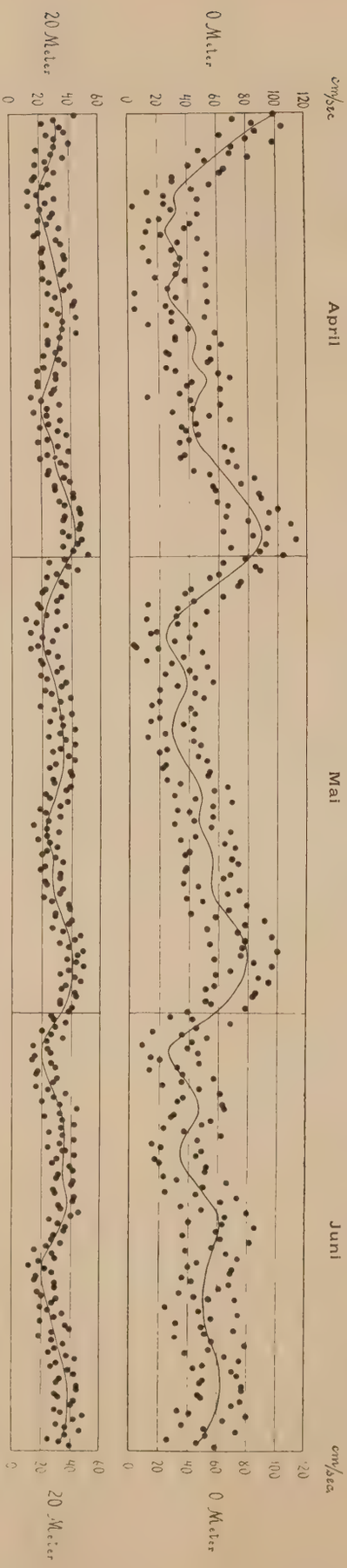

Fig. 4. Intensitätsschwankungen der Gezeitenbewegung im Grossen Belt in 0 und 20 m Tiefe in der Zeit April, Mai und Juni 1909. Der numerische Wert der aus den ausgeschiedenen Perioden berechneten Grösse der doppelten Amplitude (Differenz zwischen Maximum und Minimum des Stromes) ist durch die schwarzen Punkte gekennzeichnet.

Fig. 2 enthält eine graphische Darstellung der Ströme der verschiedenen Perioden; die gefundenen mittleren Zahlen sind direkt als Ordinaten (Massstäbe rechts und links auf der Fig.), die Periodenzeit als Abszisse eingetragen. Für die Periode *O* sind die mittleren Zahlen jedoch erst durch die oben erwähnte halbtägige Periode korrigiert.

Der charakteristische Unterschied der Stromkurven der verschiedenen Perioden in den verschiedenen Tiefen ist aus der Fig. leicht ersichtlich. Bemerkenswert ist die Phasenverschiebung der Tiefe nach, die bei M_2 am deutlichsten hervortritt, wo die Amplituden am grössten sind. Der Strom erreicht hier sein Maximum ca. 3 Stunden früher am Boden als an der Oberfläche.

Aus den Tabellen 3 und 4 sieht man, dass der Strom bis in ca. 15 m Tiefe an Mittelwert nach aussen, während er von dieser Tiefe an und abwärts an Mittelwert nach innen gegen die Ostsee hin ging.

An der Originalzeichnung der Fig. 2, die in $2^1/_2$ mal so grossem Massstabe der hier wiedergegebenen Fig. gezeichnet war, wurde für jeden Sonnentag zu den Zeiten Uhr 0, 2, 4, 6 u. s. w. der Strom abgelesen, den jede einzelne Periode ergeben würde; diese Ströme wurden addiert, und zur Summe wurde noch der mittlere Strom in der betreffenden Tiefe addiert. Auf Fig. 3 ist der derart gefundene Wert der Strömstärke der Tage 4. und 5., 26. und 27. Juni durch die punktierte Linie wiedergegeben; diese ist, wie man sieht, der Kurve der beobachteten Ströme einigermassen parallel. Dass sie nicht mit ihr zusammenfällt, beruht darauf, dass der nach aussen gehende oder der nach innen gehende Strom nicht seinen mittleren Wert hatte. Auffällig ist der charakteristische Unterschied der Grösse der Amplituden am 4. und 5. Juni einerseits und am 26. und 27. Juni andererseits, ein Unterschied, der auch an der berechneten Kurve ersichtlich ist und somit jedenfalls in wesentlichem Grade auf dem verschiedenartigen Zusammenfallen der Kurven beruht. Die Anfangspunkte der verschiedenen Perioden sind auf Fig. 3 unten eingetragen. Man sieht also, dass die Amplituden der beiden Fälle am 4. und 5. Juni unmittelbar nach Vollmond bei weitem die kleinsten sind.

Um einen Begriff von der Grössenschwankung der Amplituden zu bekommen, die auf diesem verschiedenartigen Zusammenfallen der Perioden beruht, wurde der Strom jeder zweiten Stunde durch die ausgeschiedenen Perioden berechnet und Kurven der berechneten Werte für 0 und 20 m in den Monaten April, Mai und Juni in ähnlicher Weise eingetragen, wie die Kurven der Fig. 3, die die berechneten Werte wiedergegeben; an diesen Kurven wurden alle Maxima und Minima abgelesen, und die numerische Differenz zwischen ihnen wurde auf dem Millimeter-

papier eingetragen in Übereinstimmung mit den betreffenden Zeiten. Fig. 4 enthält eine Wiedergabe der dadurch gewonnenen Kurven. Die Lage der Punkte zeigt uns eine tägliche Periode, die auf der Kombination der ganztägigen und halbtägigen Perioden beruht. Sieht man davon ab und legt man eine Kurve mitten durch das ganze System von Punkten hindurch, so sieht man, welche Schwankungen die Intensität der Gezeitenbewegung in dem betrachteten Zeitraum durchgemacht hat. So ist sie an der Oberfläche zu gewissen Zeiten ca. 3 Mal so gross wie zu anderen Zeiten. In 20 m Tiefe ist die Schwankung kleiner, aber dennoch ist die Gezeitenbewegung hier zu gewissen Zeiten doppelt so kräftig wie zu anderen Zeiten.

In ähnlicher Weise wie der Komponent der Richtung nach N 20 E ist der darauf senkrechte behandelt worden; jedoch wurden, wie erwähnt, zur Zeichnung der Kurve nur Beobachtungen mit dem Libellenstrommesser benutzt, und die Kurve konnte somit nur für die Tagesstunden, und zudem nur mit Unterbrechungen gezeichnet werden. Bei der Summation zwecks der Bildung der mittleren Zahlen wurde deshalb einfach benutzt, was vorlag, und es konnte nicht darauf ankommen, jeder Kolonne die gleiche Anzahl von Beobachtungen zu verschaffen und in bezug auf den Einfluss der Lücken zu korrigieren.

Tabelle 5. Querkomponenten des Stromes im Grossen Belt vor Spodsbjerg. Monat Juni 1909.

Periode M_2 Länge 12,421 Sonnenstunden.
Strom nach S 70 E fliessend ist positiv gerechnet.

Tiefe in Metern	Mittlere Zahlen (s') in $^{cm}/_{sec}$ der Ablesungen der Kurven zu den unten angegebenen Zeitpunkten (t) der Periode, abzüglich der mittleren Werte der Querkomponenten. Die Periode ist gleich 12 Perioden„stunden".						Ausgleichung nach der Formel: $s' = m' + R' \cos 30° (t - \zeta')$		
	0	2	4	6	8	10	m'	R'	ζ'
0	− 0,3	+ 1,9	+ 1,1	− 1,1	− 0,3	− 1,3	− 3,5	1,3	2,7
5	− 0,2	0,0	− 0,6	− 0,6	− 0,2	+ 1,6	− 1,2	0,8	−1,6
10	− 3,8	− 2,4	+ 1,2	+ 4,4	+ 2,2	− 1,6	− 3,0	4,0	6,3
15	− 0,1	− 1,5	− 1,3	− 0,7	+ 2,3	+ 1,1	− 1,7	1,8	9,0
20	+ 0,1	− 2,7	− 2,1	+ 0,3	+ 2,3	+ 1,9	− 1,7	2,6	9,0
25	− 1,0	− 3,0	− 1,0	+ 1,4	+ 2,6	+ 1,2	− 2,2	2,6	8,0
30	− 1,5	− 1,5	− 0,1	+ 1,3	+ 1,5	+ 0,5	− 2,1	1,7	7,3
35	− 0,5	− 0,9	+ 0,3	+ 1,1	+ 0,7	− 0,9	− 1,9	1,0	6,2

Tabelle 6. Querkomponenten des Stromes im Grossen Belt vor Spodsbjerg Monat Juni 1909.

Periode O, Länge 25,819 Sonnenstunden.
Strom nach S 70° E fliessend ist positiv gerechnet.

Tiefe in Metern	Mittlere Zahlen (s') in $^{cm}/_{sec}$ der Ablesungen der Kurven zu den angegebenen Zeitpunkten (t) der Periode, abzüglich der mittleren Werte der Querkomponenten. Die mittleren Zahlen sind durch eine halbtägige Periode (Einfluss der Periode $2MS$) korrigiert. Die Periode ist gleich 24 Perioden„stunden".												Ausgleichung nach der Formel: $s' = m' + R' \cos 15° (t - \zeta')$		
	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	m'	R'	ζ'
0	− 1,8	3,2	2,7	3,2	− 0,8	1,3	0,0	− 2,4	− 3,1	− 2,2	− 1,0	1,3	− 3,9	2,4	4,4
5	3,4	3,3	3,0	− 1,0	− 1,3	− 1,8	− 2,0	− 4,3	− 2,6	1,4	1,1	1,2	− 1,9	3,1	0,5
10	2,0	2,1	2,0	+ 0,6	− 2,1	− 4,8	0,2	− 3,3	− 2,2	0,2	2,5	3,0	− 3,5	2,9	− 0,3
15	2,5	2,4	1,9	− 1,5	− 1,4	− 1,9	− 2,3	− 3,2	− 1,1	1,1	1,2	1,9	− 2,0	2,6	− 0,3
20	2,6	2,6	0,3	− 0,2	+ 0,2	− 1,3	− 2,2	− 2,0	− 0,9	0,4	0,8	0,3	− 2,3	1,9	+ 0,5
25	3,2	1,1	− 0,2	− 0,2	+ 0,1	− 2,0	− 2,0	− 1,7	+ 0,4	0,2	0,1	1,4	− 2,3	1,7	− 0,5
30	2,0	1,2	− 0,3	− 1,6	− 0,8	− 1,3	− 2,6	− 1,0	+ 0,9	0,6	1,4	1,7	− 2,2	1,8	− 2,0
35	1,0	0,9	0,8	− 0,6	− 0,7	− 0,5	− 1,1	− 0,6	+ 0,1	− 0,1	1,0	1,1	− 2,1	1,0	− 0,9

Die Tabellen 5 und 6 enthalten die derart für die Perioden M_2 und O gefundenen mittleren Zahlen abzüglich des mittleren Wertes der Querkomponenten, mit einer ähnlichen Ausgleichung wie bei den Hauptkomponenten. Der geringeren Sicherheit halber, mit der die Querkomponenten wegen ihrer numerisch kleinen Werte zu bestimmen waren, sind nur diese beiden Perioden behandelt worden, und zwar M_2, weil man hier der grössten Amplitude gewärtig sein und deshalb mit grösserem Recht von dem vom Einfluss der übrigen Perioden herrührenden Fehler absehen durfte, und die Periode O, weil man bei ihrer Ausscheidung nicht mit dem Einfluss anderer Perioden zu rechnen hatte. Beim Vergleich der berechneten Werte mit den mittleren Zahlen mussten diese für eine gleichzeitig ausgeschiedene halbtägige Periode ($2MS$) korrigiert werden, wie bei der Behandlung der Hauptkomponenten.

Nachdem wir also für die beiden Perioden M_2 und O die Konstanten der Sinusfunktionen gefunden haben, welche die Schwankung der Ströme in zwei aufeinander senkrechten Richtungen darstellen, suchen wir teils den an Grösse und Richtung resultierenden mittleren Strom, teils die Ellipse, die den geometrischen Ort der Endpunkte der Stromvektoren bildet, indem wir ihre Grösse und Richtung in einem polaren Koordinatensystem eintragen. Die Konstanten der Ellipse werden in folgender Weise bestimmt.

Drückt

$$s = R \cos (kt - \zeta)$$

eine Schwingung nach einer Geraden und

$$s' = R' \cos (kt - \zeta')$$

eine Schwingung nach einer darauf Senkrechten aus, wo s und s' die Entfernungen von der Ruhelage, R und R' die Amplituden der Schwingungen, ζ und ζ' ihre Phasen, t die Zeit und k eine Konstante bezeichnen, so setzen wir

$$s = \rho \cos \theta$$
$$s' = \rho \sin \theta$$

was also die Kurve ergibt, die ein Punkt beschreiben wird, wenn er gleichzeitig beide Schwingungen ausführt.

Durch Elimination von t erhalten wir die Gleichung

$$\frac{1}{\rho^2} = \cos^2\theta \cdot \frac{1}{R^2 \sin^2 (\zeta - \zeta')} + \sin^2\theta \frac{1}{R'^2 \sin^2 (\zeta - \zeta')} - 2 \sin\theta \cos\theta \frac{\cos (\zeta - \zeta')}{RR' \sin^2 (\zeta - \zeta')}$$

die eine Ellipse angibt. Setzen wir

$$\sqrt{R^2 + R'^2 + 2RR' \sin (\zeta - \zeta')} = A \text{ und } \sqrt{R^2 + R'^2 - 2RR' \sin (\zeta - \zeta')} = B$$

wird die grosse Halbachse der Ellipse a bestimmt durch

$$a = \frac{A + B}{2}$$

die kleine Halbachse b durch

$$b = \frac{A - B}{2}$$

und der Winkel φ, den die grosse Achse der Ellipse mit der gewählten Hauptrichtung bildet, durch

$$\operatorname{tg} 2\varphi = \frac{2RR_1}{R^2 - R'^2} \cdot \cos (\zeta - \zeta').$$

Die Tabelle 7 enthält eine Übersicht über Stärke und Richtung des resultierenden mittleren Stroms der beiden Perioden M_2 und O, sowie die Konstanten der die Gezeitenbewegung angebenden Ellipse.

Fig. 5 enthält eine graphische Darstellung der Konstanten dieser Perioden in 0 und 20 m Tiefe. Die Stromstärken der beiden Komponenten zu den Zeiten 0, 2, 4 u. s. w. sind durch schwarze Punkte gekennzeichnet, während die entsprechenden Punkte an der Ellipse, also die ausgeglichenen Werte, als Striche längs der Ellipsenkurve eingetragen und mit den den genannten Zeiten entsprechenden Zahlen 0′, 2′, 4′ u. s. w. markiert sind.

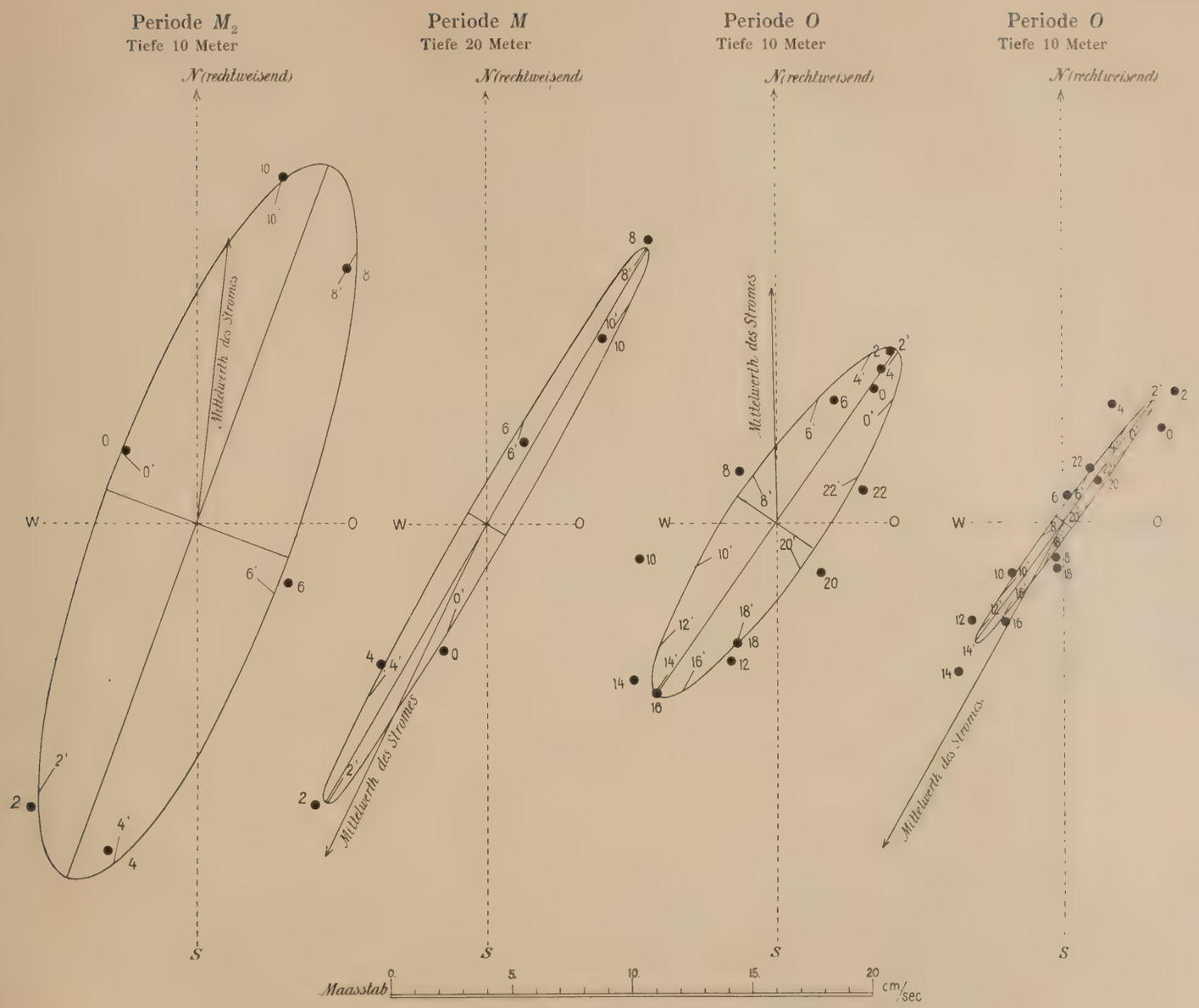

Fig. 5. Mittlere Ströme und periodische Ströme in 10 und 20 m Tiefe, den Perioden M_2 und O entsprechend.

Von Zentrum der Ellipse aus ist der mittlere Strom der betreffenden Tiefe durch eine Gerade bezeichnet, die sowohl die Richtung, nach welcher der Strom fliesst, als dessen Stärke angibt.

Die Zahlen 0, 2, 4 u. s. w. bezeichnen Zeitpunkte der Periode, indem so viele „Periodenstunden", wie die Zahl angibt, seit Anfang derselben verflossen sind. Radii vectores vom Zentrum der Ellipse bis zu den mit den Zahlen markierten Punkten geben die durch mittlere Zahlenbildung der Beobachtungen in einem Monat und Subtraktion des mittleren Stromes gefundenen Werte des periodischen Stromes an. Die Ellipse ist durch Ausgleichung der Stromkomponenten in zwei aufeinander senkrechten Richtungen nach von der Zeit abhängigen Sinusfunktionen und darauf folgende Elimination der Zeit gefunden. Die den erwähnten Zeitpunkten entsprechenden Punkte der Ellipse sind mit einem Strich und den Zahlen 0′, 2′, 4′ u. s. w. markiert.

Tabelle 7.

Der Strom ist bezeichnet durch die Richtung, aus der er kommt.

Periode M_2							Periode O						
Tiefe in Metern	Richtung des mittleren Stromes	Stärke des mittleren Stromes	Richtung der grossen Halbachse der Ellipse	Grösse der grossen Halbachse der Ellipse	Grösse der kleinen Halbachse der Ellipse	Drehungsrichtung des Stromes	Tiefe in Metern	Richtung des mittleren Stromes	Stärke des mittleren Stromes	Richtung der grossen Halbachse der Ellipse	Grösse der grossen Halbachse der Ellipse	Grösse der kleinen Halbachse der Ellipse	Drehungsrichtung des Stromes
		cm/sec		cm/sec	cm/sec				cm/sec		cm/sec	cm/sec	
0	S 14 W	35,7	S 17 W	19,0	0,8	↷	0	S 13 W	32,5	S 29 W	15,0	0,7	↷
5	S 18 W	27,6	S 22 W	18,4	0,4	↷	5	S 16 W	27,4	S 32 W	11,1	2,0	↷
10	S 6 W	12,2	S 20 W	15,7	4,0	↶	10	S 1 E	9,6	S 35 W	8,7	1,9	↶
15	N 56 E	2,9	S 27 W	13,7	0,1	↷	15	S 84 E	2,1	S 34 W	8,7	1,5	↶
20	N 26 E	15,4	S 30 W	13,4	0,9	↷	20	N 29 E	15,5	S 37 W	6,3	0,4	↶
25	N 29 E	14,1	S 33 W	11,3	0,6	↷	25	N 29 E	14,1	S 45 W	3,9	0,2	↶
30	N 29 E	13,0	S 31 W	9,0	0,1	↷	30	N 29 E	13,4	S 48 W	3,5	0,7	↶
35	N 32 E	9,3	S 27 W	7,3	0,4	↷	35	N 33 E	9,4	S 33 W	3,9	0,2	↷

Aus Tabelle 7 sieht man, wie die Richtung des mittleren Stroms der Tiefe nach etwas schwankt; unter 20 m geht sie in fast konstanter Richtung nach innen (von ca. N 30 E), der Rinne folgend. In der Oberflächenschicht bis in 5 m Tiefe geht die Stromrichtung nach aussen, ungefähr in entgegengesetzter Richtung von der der Tiefe (von S 15 W). Dagegen biegt in 10 m Tiefe der nach aussen gehende Strom im Verhältnis zum darüber befindlichen Strom ca. 12° nach links. Diese Eigentümlichkeit lässt sich vielleicht daraus erklären, dass wir, wenn der nach aussen gehende Oberflächenstrom unter Einfluss der Erdrotation das Wasser gegen die östliche Küste des Belts (Smaalandshavet) anstaut, in der Tiefe einen daraus folgenden Stromkomponenten erhalten senkrecht auf die Küste in der Richtung von ihr hinweg. Eine andere Eigentümlichkeit im Verhältnis zu den darüber und darunter liegenden Wasserschichten ist in 10 m Tiefe der Umstand, dass die oben genannte Ellipse, welche die Gezeitenbewegung charakterisiert, hier weniger flach ist als in den übrigen Tiefen, besonders was die Periode M_2 betrifft. Aus Fig. 5 ergibt sich, dass die Rotation in 10 m Tiefe in beiden Fällen gegen die Sonne geht; die Rotationsrichtung der Ströme der verschiedenen Tiefen ist in Tabelle 7 angegeben.

2. Der Strom in einem Querschnitt über den grossen Belt zwischen Spodsbjerg (Langeland) und Taars (Lolland).

Es war bei unserem Verkehr mit dem Motorboot zwischen dem „Thor“ und Spodsbjerg auffällig, dass der Strom nicht an allen Orten des gleichen Querschnitts über den Belt gleichzeitig die gleiche Richtung, geschweige denn die gleiche Stärke hatte. Da es als eine wichtige Aufgabe anzusehen war, zu untersuchen, für einen wie grossen Teil des Querschnitts die vom „Thor“ aus gemessenen Ströme mutmasslich gelten, sowie überhaupt die Stromverhältnisse eines solchen Querschitts klarzulegen, wurde im Juni an 10 Stationen eines Querschnitts im Grossen Belt zwischen Spodsbjerg und Taars eine solche Stromuntersuchung veranstaltet. Ihre Lage ist auf der kleinen Karte über das Gewässer Fig. 1 angegeben. Die Untersuchungen wurden mit zwei Motorböten der Fischereikontrolle angestellt, die von Fischereiinspector Mortensen mit grosser Bereitwilligkeit zur Verfügung gestellt wurden. Die Böte

arbeiteten je für sich in ihrer Hälfte der Untersuchungsperiode; sie waren hinten mit einem David versehen, von dem aus mittels eines Handspills ein dünner Stahldraht hinausgelassen wurde, der mit Zylinder und Lot derselben Art belastet war, wie sie beim Libellenstrommesser zur Anwendung kommen. Die Messung des Stromes geschah, nachdem das Boot verankert war, ganz wie beim Libellenstrommesser; der Winkel wurde jedoch statt mit den Libellen mit einem in Grade geteilten Bogen gemessen. Die Richtung wurde abgeschätzt; gewöhnlich war nur davon die Rede, nördliche oder südliche Richtung anzugeben. Die Messungen wurden nur bei Tag ausgeführt; sie fingen an der Station I bei Spodsbjerg an und wurden sodann an den folgenden Stationen bis Taars fortgesetzt. Nach kleinerem Aufenthalt dort wurden auf der Rückreise von Taars nach Spodsbjerg wieder Messungen angestellt. Die Messungen wurden an den verschiedenen Stationen für je 5 m ausgeführt. Selbstverständlich ist eine solche Untersuchung in hohem Grade abhängig von den Witterungsverhältnissen, und die Messungen liessen sich nicht jeden Tag planmässig ausführen.

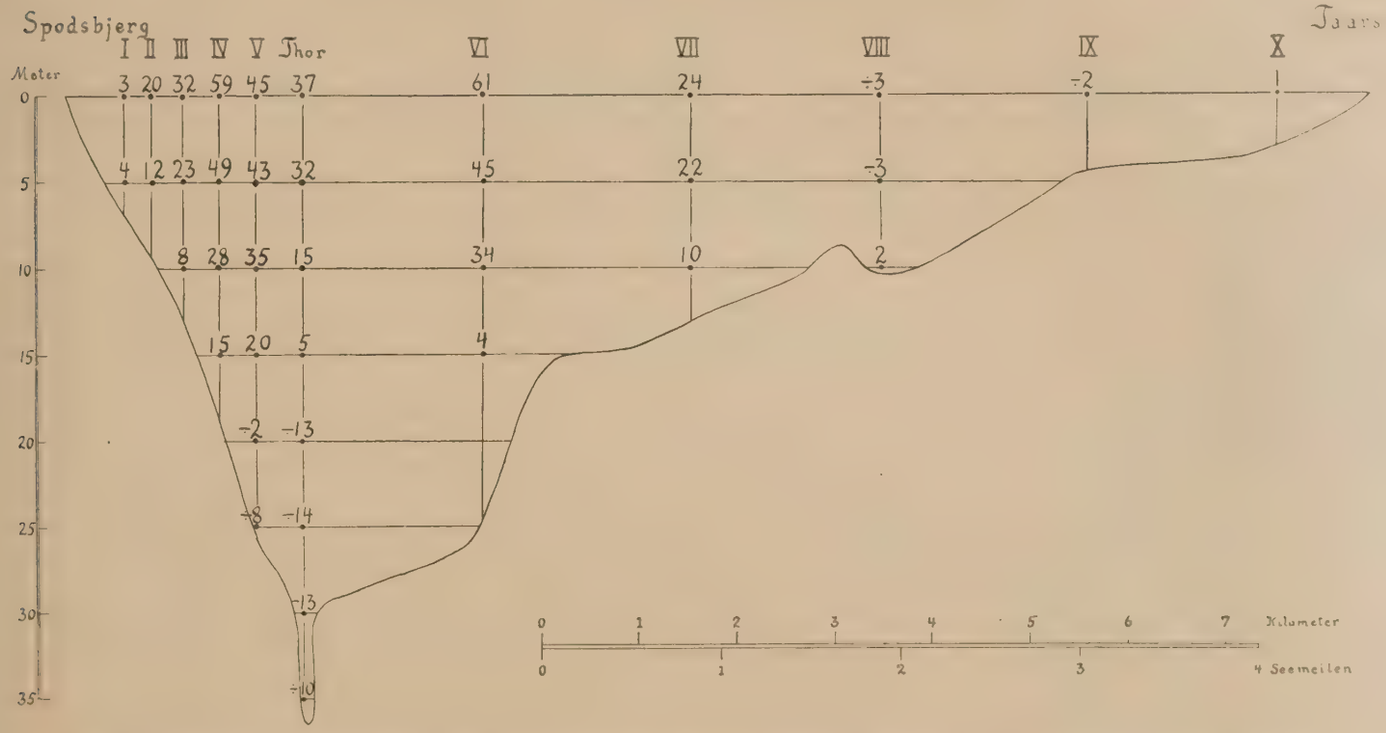

Fig. 6. Mittlerer Strom einer Sektion über den Grossen Belt zwischen Spodsbjerg und Taars. Die Lage der Stationen ist aus der Karte Fig. 1 ersichtlich. Die Zahlen der Sektion bezeichnen den mittleren Wert des Stromes an den betreffenden Orten im Zeitraum ca. 8.—23. Juni 1909. Die positiven Zahlen bezeichnen nach aussen d. h. nordwärts, die negativen nach innen gehende Ströme. Die Angaben beruhen auf im ganzen 735 Strommessungen. Vergleichshalber sind die entsprechenden Zahlen vom „Thor" aufgeführt, die auf einem reicheren Beobachtungsmaterial aus derselben Periode beruhen.

Um ein Bild der Stromverhältnisse in der Zeit zu gewinnen, in der die Messungen angestellt worden waren, behandelten wir das Material in folgender Weise. Es wurde für jede Tiefe an jeder Station ein Schema mit 6 Kolonnen hergestellt; die Kolonnen wurden mit den Mondzeitangaben 0, 2, 4, 6, 8, 10 markiert. Jede Beobachtung des betreffenden Ortes wurde nun unter der zunächstliegenden der angewandten Mondzeitangaben eingetragen; freilich erhielten die einzelnen Kolonnen dabei nicht gleich viel Beobachtungen, aber die Beobachtungen waren doch einigermassen gleichmässig verteilt. Für jede einzelne Kolonne wurden dann aus den zu ihr gehörigen Beobachtungen mittlere Zahlen gebildet. So erhielten wir

für jede Tiefe 6 mittlere Zahlen, die sodann in gewöhnlicher Weise nach der Formel $s = m + R\cos(30\,t - \zeta)$ ausgeglichen wurden, wo m den mittleren Strom, R die Amplitude und ζ die Phase der Periode M_2 bezeichnen. Diese drei Konstanten sind in den Sektionen über den Belt von Spodsbjerg nach Taars Fig. 6 und 7 angegeben. In Fig. 6 ist die Grösse m angeführt, die also den nach aussen gehenden mittleren Strom in dem behandelten Zeitraum angibt; natürlich darf man, da der Strom atmosphärischer Störungen wegen und möglicherweise auch anderer Ursachen wegen Schwankungen erlitten hat, und da das Material zeitlich nicht gleichmässig verteilt ist, den gefundenen Zahlen nicht einen ähnlichen Sicherheitsgrad zuschreiben, wie den aus den Untersuchungsmaterial des „Thor" berechneten mittleren Zahlen. Es sind jedoch zu den in der Sektion angeführten Zahlen 735 einigermassen gleichmässig verteilte Beobachtungen verwendet worden. Das am meisten in die Augen springende Ergebnis der Sektion I, Fig. 6, ist, dass der über den tiefen Teilen des Gewässers ca. 50 $^{cm}/_{sec}$ messende mittlere Strom an der Küste und am Boden schwach ist und nur ca. 10 $^{cm}/_{sec}$ oder noch weniger misst. Für die tiefen Stationen IV, V

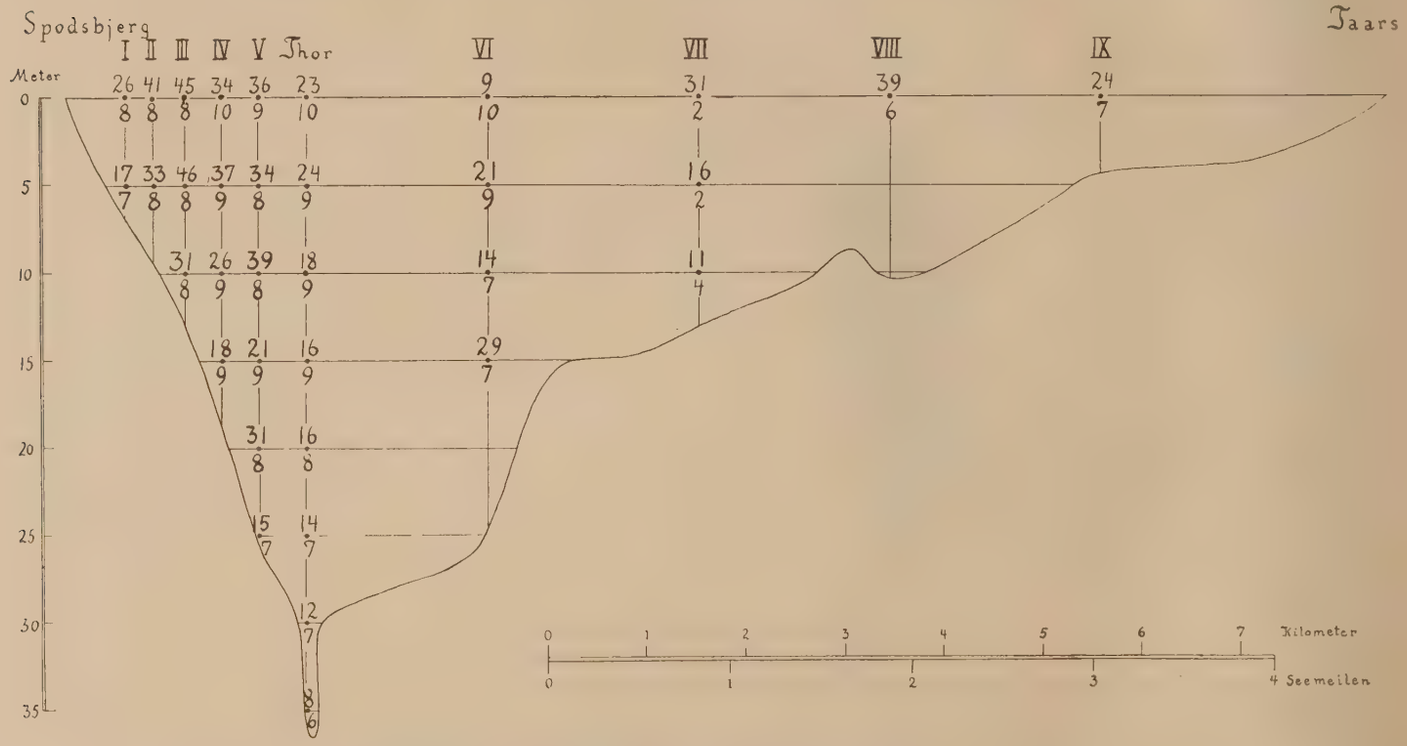

Fig. 7. Die Gezeiten einer Sektion über den Grossen Belt zwischen Spodsbjerg und Taars. Die Lage der Stationen ist aus der Karte Fig. 1 ersichtlich. Von den Zahlen der Sektion bezeichnet die oberste die Amplitude der Gezeiten der Periode M_2, die unterste hingegen die Phase, d. h. die Zeit in Mondstunden, die zwischen der Kulmination des Mondes und dem Zeitpunkt des Maximums des Gezeitenstroms verstrichen ist (nach aussen, nordwärts gehender Strom ist als positiv betrachtet). Die Angaben beruhen auf im Ganzen 735 Beobachtungen, und gelten für den Zeitraum ca. 8.—23. Juni 1909. Vergleichshalber sind die entsprechenden Zahlen vom „Thor" aufgeführt, die auf einem reicheren Beobachtungsmaterial aus derselben Periode beruhen.

und VI ergibt sich am Boden ein etwas nach innen gehender Strom. Er ist jedoch sicherlich als zu gering angesetzt, denn nimmt man die mittleren Zahlen der Beobachtungen des „Thor" aus der Periode 8.—23. Juni — und nur ein sehr geringer Teil des Beobachtungsmaterials der Böte fällt ausserhalb dieser Periode — so erhält man die für den „Thor" geltenden in der Sektion aufgeführten mittleren Zahlen. Vergleichshalber wird bemerkt, dass die Messungen von Station V gleichfalls ganz innerhalb der genannten Periode liegen. Man sieht, dass die Beobachtungen des „Thor" einen schwächeren nach aussen gehenden Strom in der Oberflächenschicht und einen stärkeren nach innen gehenden Strom in der

Bodenschicht aufweisen als das Beobachtungsmaterial von den Stationen. Diese Divergenz muss sicherlich der Unzulänglichkeit des Materials zugeschrieben werden, und aus dem gleichen Grunde darf man den schwachen nach innen gehenden Strömen im östlichen Teil der Sektion (Rückstrom) kaum eine entscheidende Bedeutung beimessen.

Die übrigen Konstanten R und ζ sind in der Fig. 7 aufgeführt, und zwar gelten die oberen Zahlen R, die unteren ζ.

Man sieht, dass die Amplitude weiter draussen über den Tiefen von der drinnen an der Küste nicht sehr verschieden ist, jedenfalls nicht im Vergleich mit dem Unterschied, den der mittlere Strom aufwies; auch die Phase ist an den verschiedenen Orten nicht sehr verschieden. In ähnlicher Weise wie in der Sektion Fig. 6 sind die entsprechenden Werte der Beobachtungen des „Thor" aus der genannten Periode aufgeführt. Man sieht, dass die Amplitude, nach den Beobachtungen des „Thor" berechnet, etwas kleiner ist, als nach denjenigen der Stationen; dagegen sind die Phasen annäherungsweise die gleichen. Übrigens gelten dieselben Bemerkungen von der Sektion Fig. 7, wie von der Sektion Fig. 6.

Als Ergebnis unserer Untersuchung der Ströme in der Quersektion über den Belt glaube ich folgendes anführen zu dürfen: der resultierende Strom ist im seichten Wasser längs der Küste schwach im Verhältnis zum resultierenden Strom über der Tiefe, während der Gezeitenstrom an Amplitude und Stärke an den verschiedenen Orten nur wenig verschieden ist. Hieraus ergibt sich die Eigentümlichkeit, dass der Strom an den Küsten im Laufe der Gezeitenperiode seine Richtung ändert, während er über der Tiefe im allgemeinen nur stärker oder schwächer wird; die Schwankungen finden aber gleichzeitig statt.

3. Zusammenfassung.

Durch die Strommessungen des dänischen Untersuchungsdampfers „Thor" im Grossen Belt im Juni 1909 sind für die Gezeitenbewegung 6 verschiedene Perioden, 5 halbtägige und 1 ganztägige ausgeschieden, und es ist dargetan worden, dass der gesamte berechnete Wert dieser 6 Perioden annäherungsweise den zu verschiedenen Zeiten stattfindenden Gezeitenbewegungen entspricht. Die Konstanten der Perioden finden sich in Tabelle 3 und 4 für die Hauptkomponenten und sind graphisch dargestellt auf Fig. 2. Diese Gezeitenbewegungen können höchst verschieden sein, wie aus Fig. 3 ersichtlich, wo sie unmittelbar nach Vollmond nur ca. halb so kräftig sind, wie an den Tagen um den 26. und 27. Juni (Vollmond am 3. Juli). Der Berechnung nach ist zu erwarten, dass dieser Unterschied, jedenfalls was die Oberfläche betrifft, noch grösser werden kann.

Durch Strommessungen an 10 verschiedenen Stationen (Fig. 1) ist gezeigt worden, dass der resultierende Strom im seichten Wasser an den Küsten mehrere Mal kleiner ist als der resultierende Strom über der Tiefe; dagegen sind die an den Küsten und über der Tiefe von der Gezeitenbewegung hervorgerufenen Ströme von gleicher Grössenordnung.

Neben der direkten Bedeutung, welche die Kenntnis der Ströme, speziell der Gezeitenströme, haben kann, indem es sich z. B. leicht untersuchen lässt, zu welchen Zeitpunkten die Gezeitenbewegung stark, und zu welchen sie schwach sein wird, ist die indirekte Bedeutung anzuführen, die darin liegt, dass die Gezeitenströme, trotz ihrer Unregelmässigkeit beim ersten Anblick, sich doch als in dem Grade regelmässig herausstellen, dass man, auf dieser Erfahrung fussend, hoffen darf, dass die Stromverhältnisse der dänischen Gewässer sich trotz der anscheinenden Unregelmässigkeiten klarlegen lassen, sobald ein hinreichendes und wohl geeignetes Material vorliegt.

MEDDELELSER FRA KOMMISSIONEN FOR HAVUNDERSØGELSER

Serie: Fiskeri.

Bd. I, Nr. 1 C. G. Joh. Petersen: On the larval and post-larval stages of the Long Rough Dab and the Genus Pleuronectes. 2 Plates. 1904. 13 p. Kr. 1.00.

» I, » 2 A. C. Johansen: Contributions to the biology of the Plaice with special regard to the Danish Plaice-Fishery I. 12 Plates. 1905. 70 p. Kr. 5.25.

» I, » 3 On pelagic post-larval Halibut. (Hippoglossus vulgaris Flem. and H. hippoglossoides Walb.) 1 Plate. 1904. 13 p. Kr. 0.75.

» I, » 4 Johs. Schmidt: De atlantiske Torskearters (Gadus-Slægtens) pelagiske Yngel i de post-larvale Stadier. Med 3 Tayler og 16 Figurer. 1905. 74 S. Kr. 3.00.

» I, » 4 Johs. Schmidt: The pelagic post-larval stages of the Atlantic Species of Gadus. A Monograph with 3 Plates and 16 Figures in the Text. 1905. 77 p. Kr. 3.00.

» I, » 5 C. G. Joh. Petersen: Larval Eels. (Leptocephalus brevirostris) of the Atlantic coasts of Europe. 1905. 5 p.

» I, » 6 A. C. Johansen: Remarks of the life history of the young post-larval Eel (Anguilla vulgaris Turt.) 1905. 9 p. Kr. 0.50.

» I, » 7 Adolf Sev. Jensen: On fish-otoliths in the bottom-deposits of the Sea. I. Otoliths of the Gadus-Species deposited in the Polar Deep. 4 Fig. 1905. 14 p. Kr. 0.50.

» I, » 8 Johs. Schmidt: On the larval and post-larval stages of the Torsk (Brosmius brosme [Ascan.]). 1 Plate. 1905. 12 p. Kr. 0.75.

» II, » 1 C. G. Joh. Petersen: On the larval and post-larval stages of some Pleuronectidæ (Pleuronectes, Zeugopterus. 1 Pl. 1906. 10 p. Kr. 0.50.

» II, » 2 Johs. Schmidt: The pelagic post-larval stages of the Atlantic species of Gadus. A monograph. Part II. 1 Pl. 1906. 20 p. Kr. 1.00.

» II, » 3 Johs. Schmidt: On the pelagic post-larval stages of the Lings (Molva molva (Linné) and Molva byrkelange (Walbaum)). With 1 Pl. and 3 Figures. 1906. 16 p. Kr. 0.75.

» II, » 4 Johs. Schmidt: On the larval and post-larval development of the Argentines (Argentina silus [Ascan.] and Argentina sphyræna Linné) with some Notes on Malliotus villosus (O. F. Müller). 2 Pl. 1906. 20 p. Kr. 1.50.

Bd. II, Nr. 5 A. C. Johansen: Contributions to the biology of the Plaice with special regard to the Danish Plaice-Fishery. II. The marking and transplantation experiments with Plaice in the years 1903—06. 6 Pl. and 10 Figures. 1907. 122 p. Kr. 5.25.

» II, » 6 Johs. Schmidt: Marking experiments on Plaice and Cod in Icelandic waters. 2 Charts. 23 p.

» II, » 7 Johs. Schmidt: On the post-larval development of the Hake (Merluccius vulgaris Flem.) 1 Pl. 4 Figures. 1907. 10 p. Kr. 1.75.

» II, » 8 Johs. Schmidt: On the post-larval development of some North Atlantic Gadoïs (Brancheps raninus [Linné] and Molva elongata [Risso]). 1 Pl. and 1 Fig. 1907. 14 p. Kr. 0.75.

» II, » 9 Johs. Schmidt: On the post-larval stages of the John Dory (Zeus Faber L.) and some other Acanthopterygian Fishes. 1 Plate. 1908. 12 p. Kr. 0.75.

» III, » 1 C. G. Joh. Petersen: On the larval and post-larval stages of some Pleuronectidæ (Zeugopterus, Arnoglossus, Solea.) 2 Plates. 1909. 18 p. Kr. 1.25.

» III, » 2 I. P. Jacobsen and A. C. Johansen: Remarks on the changes in specific gravity of pelagic fish eggs and the transportation of same in Danish waters. 2 Text-Figures. 1908. 24 p. Kr. 0.75.

» III, » 3 Johs. Schmidt: Remarks on the metamorphosis and distribution of the larval of the Eel (Anguilla vulgaris Turt.) 1 Pl. and 1 Chart. 1909. 17 p. Kr. 1.00.

» III, » 4 A. C. Johansen: Contribution to the biology of the Plaice with special regard to the Danish Plaice-Fishery. III. On the variation in frequency of young Plaice in Danish waters in 1902—07. 12 Figures. 1908. 48 p. Kr. 1.50.

» III, » 5 A. C. Johansen: Do. do. do. IV. Is the Plaice indigenous to the true Baltic? 2 Fig. 1908. 23 p. Kr. 0.75.

» III, » 6 Johs. Schmidt: On the occurrence of Leptocephali (Larval Muraenoids) in the Atlantic W. of Europe. 2 Pl. & 1 Chart. 1909. 19 p. Kr. 1.50.

» III, » 7 Johs. Schmidt: On the distribution of the fresh-water Eels (Anguilla) throughout the world. I. Atlantic Ocean and adjacent regions.

A bio-geographical investigation. 1 Chart. 1909. 45 p. Kr. 1.75.

Bd. III, Nr. 8 A. C. Johansen: Bericht über die dänischen Untersuchungen über die Schollenfisherei und den Schollenbestand in der östlichen Nordsee, dem Skagerak und dem nördlichen Kattegat. Mit 10 Figuren im Text. 1910. 142 S. Kr. 4.50.

Serie: Hydrografi.

Bd. I, Nr. 1 Martin Knudsen: On the organisation of the Danish Hydrographic researches. 1904. 7 p.

» I, » 2 H. J. Hansen: Experimental determination of the relation between the freezing point of sea-water and its specific gravity at 0° C. 1904. 10 p.

» I, » 3 N. Bjerrum: On the determination of Chlorine in sea water and examination of the accuracy with which Knudsen's pipette measures a volume of sea-water. 1904. 11 p. Kr. 1.25.

» I, » 4 J. N. Nielsen: Hydrography of the waters by the Faroe Islands and Iceland during the cruises of the Danish research steamer "Thor" in the summer 1903. 8 Plates. 1904. 29 p.

» I, » 5 Niels Bjerrum: On the determination of Oxygen in sea-water. 1904. 13 p. Kr. 3.50.

» I, » 6 Martin Knudsen: Contribution to the Hydrography of the North Atlantic Ocean. 21 Plates. 13 p. Kr. 5.75.

» I, » 7 J. N. Nielsen: Contributions to the Hydrography of the waters north of Iceland. 2 Plates. 28 p.

» I, » 8 J. P. Jacobsen: Die Löslichkeit von Sauerstoff im Meerwasser durch Winklers Titriermethode bestimmt. 1905. 18 S. Kr. 2.00.

» I, » 9 J. N. Nielsen: Contribution to the Hydrography of the north eastern part of the Atlantic Ocean. 3 Plates. 1907. 25 p. Kr. 1.75.

» I, » 10 J. P. Jacobsen: Mittelwerte von Temperatur und Salzgehalt. Bearbeitet nach hydrographischen Beobachtungen in Dänischen Gewässern 1880—1907. 11 Tafeln. 1908. 26 S. Kr. 3.50.

Bd. I, Nr. 11 J. N. Nielsen: Contribution to the understanding of the currents in the northern part of the Atlantic Ocean. 1 Plate. 1908. 15 p. Kr. 0.75.

» I, » 12 J. P. Jacobsen: Der Sauerstoffgehalt des Meereswassers in den Dänischen Gewässern innerhalb Skagens. 5 Tafeln. 1908. 23 S. Kr. 2.00.

» I, » 13 Kirstine Smith: Gezeitenstroeme bei den Feuerschiffen Vyl und Horns Rev. Mit 4 Textfiguren. 1910. 22 S. Kr. 0.75.

Serie: Plankton.

Bd. I, Nr. 1 Ove Paulsen: Plankton-Investigations in the waters round Iceland in 1903. 2 Maps. 1904. 41 p.

» I, » 2 C. H. Ostenfeld: On two new marine species of Heliozoa occurring in the Plankton of the North Sea and the Skager Rak. 1904. 5 p. Kr. 2.00.

» I, » 3 Ove Paulsen: On some Peridineæ and Plankton-Diatoms. 1905. 7 p. Kr. 0.25.

» I, » 4 Ove Paulsen: Studies on the biology of Calanus finmarchicus in the waters round Iceland. 3 Plates. 1906. 21 p. Kr. 1.75.

» I, » 5 Ove Paulsen: The Peridiniales of the Danish Waters. 1907. 26 p. Kr. 0.75.

» I, » 6 C. H. Ostenfeld: On the immigration of Biddulphia sinensis Grev. and its occurrence in the North Sea during 1903—07 and on its use for the study of the direction and rate of flow of the currents. 4 Charts and 5 Text-Figures. 1908. 44 p. Kr. 2.50.

» I, » 7 Aug. Brinkmann: Vorkommen und Verbreitung einer Planktonturbellarie *Alaurina composita* Mecz. in dänischen Gewässern. 12 Figuren und 1 Karte. 1909. 15 p. Kr. 0.50.

» I, » 8 Ove Paulsen: Plankton investigations in the waters round Iceland and in the North Atlantic in 1904. 9 Figures. 1909. 57 p. Kr. 1.75.

SKRIFTER UDGIVNE AF KOMMISSIONEN FOR HAVUNDERSØGELSER

Nr. 1 Johs. Schmidt: Fiskeriundersøgelser ved Island og Færøerne i Sommeren 1903. 10 Tavler. 1904. VI + 148 S. Kr. 5.00. Udsolgt.

» 2 Martin Knudsen: Havets Naturlære. Hydrografi. Med særligt Hensyn til de danske Farvande. 10 Figurer, 4 Tavler. 1905. 41 S. Kr. 1.75. Udsolgt.

» 3 Johan Hjort og C. G. Joh. Petersen: Kort Oversigt over de internationale Fiskeriundersøgelsers Resultater med særligt Henblik paa norske og danske Forhold. 10 Tavler. 1905. 54 S. Kr. 3.50.

Nr. 4 Martin Knudsen, C. G. Joh. Petersen, C. F. Drechsel, C. H. Ostenfeld: De internationale Havundersøgelser 1902—07. 1908. 28 S. Kr. 0.75.

» 5 Bjarni Sæmundsson: Oversigt over Islands Fiske med Oplysning om deres Forekomst, vigtigste biologiske Forhold og økonomiske Betydning. 1 Kort. 1909. 140 S. Kr. 2.25.

» 6 Andreas Otterstrøm: Sildens Afhængighed af forskellige hydrografisk-meteorologiske Forhold i Store Bælt. 2 Textfigurer. 1910. 52 S. Kr. 1.00.